

氏名	山本衛 やまもと まもる
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第 1027 号
学位授与の日付	昭和 63 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科 電子工学専攻
学位論文題目	Radar observations of gravity waves in the mesosphere (中間圏大気重力波のレーダー観測)

論文調査委員 (主査) 教授 加藤 進 教授 木村 磐根 教授 松本 紘

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は中間圏大気 (地上 50—90 km) の運動を MU レーダー並びに流星レーダーを用いて観測し、中間圏力学上重要な大気重力波 (以下単に重力波と言う) の特性を明らかにしたもので、6 章より成っている。

第 1 章は中層大気の概要、重力波の基本特性について説明した後、MU レーダーのような大型ドップラーレーダーが主として大気乱流に起因する電波屈折率の乱れによる散乱エコーを受信するのに対し、流星レーダーは流星飛跡による散乱エコーのみを受信することを説明している。

第 2 章は MU レーダー・システムのハード的並びにソフト的構成について述べている。

第 3 章は MU レーダーのデータ解析に用いるドップラースペクトル解析のパラメータ推定について、コンピュータ・シミュレーションを用いて詳しく検討している。すなわちガウス型分布のドップラースペクトルに雑音を加えたモデルを作成し、モーメント法およびガウス型分布最適化法により、ドップラー速度、ドップラー幅を求め、様々な SNR (信号対雑音比) について両方法のもたらす誤差を算定した。その結果、実際に遭遇する SNR の低い場合においては、ガウス型スペクトル最適化法がより適当であると結論している。さらに信号のインコヒーレント積分回数に対する誤差推定について実験式を導いた。また、MU レーダーの乱流および流星散乱エコーより求めた風と流星レーダーの流星散乱エコーより求めた風とを比較し、両者は矛盾していないことを明らかにした。さらに MU レーダー観測結果は気象庁の綾里におけるロケット観測結果とも矛盾していないことも示された。

第 4 章は本論文の中心となる部分である。中間圏では大気内部重力波の碎波が、大気大循環に対して重要な役割を演じていることが理論的に示されている。本研究はこの内部重力波が飽和し碎波する振舞を、MU レーダー観測によって明らかにしている。すなわち、1985 年 2 月、1986 年 2 月の観測において、可成り大きな振幅を有する周期 8—10 時間の重力波 (慣性重力波) が検出された。またエコーの強さから強い乱流層の存在が確認された。しかし、1985 年のものと 1986 年のものは特性が異っていた。前者は後者

より振幅が大きく、この波に伴う Richardson 数 (Ri) からこの波自体が不安定であることが明らかになった。さらに Ri が極少な高度近傍で、周期約 10 分の速度の変動がみられ、その位相は高さに対して一定であるが、 Ri の極少点で急に反転している。これはケルビンヘルムホルツ不安定、対流不安定などの発生を示すものである。またエコー強度にも対応する変動がみられた。伝搬方向は、ほぼ北向であった。

一方、1986 年の場合では、慣性重力波による Ri からは不安定性はみられない。しかし、 Ri 極少の点に MU レーダーの分解能以下の短い垂直波長の重力波の重畳が起り、砕波の条件が満たされるとして乱流層の存在を説明した。この場合の伝搬は西向きに近い。

また 1985 年 2 月の観測において東西南北 4 方向で受信されたエコーの相互相関を求め、散乱源 (乱流) の移動速度を調べた。その結果、移動速度が、ドップラー速度から得られた背景の風の速度に等しくなく、むしろ慣性重力波の伝搬速度に近いことが明らかになった。これは観測時、乱流が重力波砕波によってその水平伝搬路に沿って次々と生成されることを表すものと解釈した。

第 5 章は流星レーダーによる重力波の観測に関するものである。本観測で 2-18 時間の周期を持つ重力波の観測を約 2 ヶ年実施した。その結果、周期スペクトル分布とその季節変化を明らかにできた。また流星高度でのレーダー照射域を 5 分割し、その各々で発生するエコーのドップラー速度の位相の相関を求め、重力波の伝搬方向と水平波長を導出した。そして冬は西向き伝搬が主であり水平波長 360 km 位のものが卓越していることも明らかになった。

第 6 章は本研究結果のまとめである。

論文審査の結果の要旨

地球大気の未知圏と云われた中間圏 (地上 50-90 km) は最近急速に解明されている。この大気運動の観測にドップラー・レーダーが適していることも確立されつつある。本研究は MU レーダー、流星レーダーを用いて、中間圏における大気重力波の研究を行ったものであって、主な成果は次の通りである。

1. MU レーダー観測で得られたデータより求めたドップラー・スペクトルから速度並びにスペクトル幅を推定する二つの方法、モーメント法とガウス型分布最適化法を比較検討した。すなわち統計的揺ぎを持つ信号に雑音を加えたモデルによる計算機シミュレーションを行い、観測に対応する低い SNR (信号対雑音比) の場合、ガウス型分布最適化法が精度が高いことを立証した。またスペクトルの平均回数が速度推定誤差に及ぼす影響を明らかにした。

2. MU レーダーおよび流星レーダー観測で同期間に得られた風速分布を比較検討した結果、互いに可成りよく一致していることを示した。さらに、ほぼ同時期に、陵里基地で行われた気象庁のロケット観測の結果とも矛盾しないことも明らかになった。

3. 地上近くで発生した大気重力波が上方に伝搬してゆく間に増幅され、やがて飽和し砕波して、波の運動量を大気に放出することが理論的に予測されているが、著者は MU レーダーを用いてこの状況を観測的に明らかにした。すなわち、慣性重力波と呼ばれる周期 8-10 時間の大気重力波が次の二つの場合において砕波する状況を発見した。(i)この慣性重力波自身が不安定となる低いリチャードソン数 (Ri) を

有する場合には、同時に周期約 10 分の激しい大気振動が存在している。また(ii)慣性重力波自身の Ri は充分低くならず、他の垂直波長の短い弱い重力波が重畳して初めて不安定に達する場合には(i)に見られた短周期の大気振動は存在しない。さらに碎波の結果作り出された乱流層の構造も(i), (ii)の間で異なっていることも明らかになった。

4. 3の(i)の場合、東西南北4方向において受信されたエコー間の相互相関を求め、散乱源の水平移動速度を推定した結果、その移動速度は風速に一致せず、慣性重力波の水平伝搬速度に一致することが示された。これに対し、強い重力波が伝搬路に次々と乱流を生成してゆくという解釈を与えた。

5. 京都大学流星レーダーの2ケ年間の観測より、重力波の周期分布、発生の季節変化、伝搬方向の季節変化を明らかにした。たとえば冬西向き伝搬で、水平波長 360 km のものが多いことも示された。

以上、本論文はレーダー観測が中間圏力学の解明上有力であることを明らかにしたもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として、価値あるものと認める。

また昭和 63 年 2 月 17 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。